

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-308464

(43)Date of publication of application : 02.11.2001

(51)Int.Cl.

H01S 5/323

C30B 29/38

H01L 21/205

(21)Application number : 2000-128192

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 27.04.2000

(72)Inventor : USUI AKIRA

SUNAKAWA HARUO

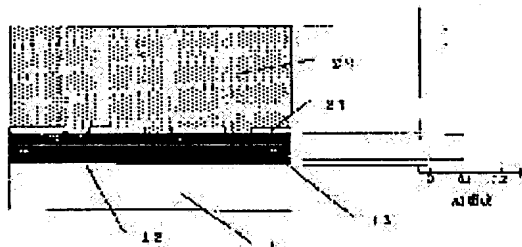
MATSUMOTO YOSHINARI

(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR ELEMENT, METHOD FOR MANUFACTURING NITRIDE SEMICONDUCTOR CRYSTAL, AND NITRIDE SEMICONDUCTOR SUBSTRATE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To form an AlGa_N layer having such a thickness that the layer can sufficiently function as a crystal growing base layer with a low defect density.

SOLUTION: A first AlGa_N layer 13 is formed on a sapphire substrate 11 through a low-temperature buffer layer 12. Then a second AlGa_N layer 14 containing Al at a concentration lower than that of the first AlGa_N layer 13 is formed on the layer 13. The layer 14 is grown while a facet structure is formed from the opening of a mask 21. The thickness of the layer 14 is adjusted to $\geq 5 \mu\text{m}$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 08.09.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3642001

[Date of registration] 04.02.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2004-21017

特開2001-308464
(P2001-308464A)

(43)公開日 平成13年11月2日(2001.11.2)

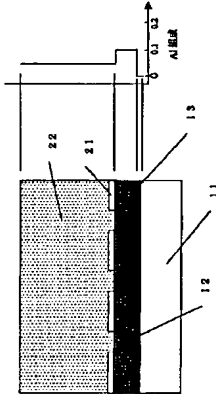
(51) Int. Cl.	識別記号	F I	チコード(参考)
H 01 S 5/323		H 01 S 5/323	4 G 077
C 30 B 29/38		C 30 B 29/38	D 5 F 045
			C 5 F 073
H 01 L 21/205		H 01 L 21/205	
	審査請求 有	請求項の数12 O L (全 13 頁)	
(21) 出願番号	特願2000-128192(P2000-128192)	(71) 出願人	000004237
			日本電気株式会社
(22) 出願日	平成12年4月27日(2000.4.27)	(72) 発明者	堀井 彰
			東京都港区芝五丁目7番1号
			日本電気株
		(72) 発明者	杉川 晴夫
			東京都港区芝五丁目7番1号
			日本電気株
			式会社内
		(72) 発明者	式会社内
			東京都港区芝五丁目7番1号
			日本電気株
		(74) 代理人	100088328
			弁理士 金田 暢之 (外2名)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】窒化物半導体素子、窒化物半導体結晶の作製方法および窒化物半導体基板

(57)【要約】

【課題】結晶成長下地層として十分に機能する程度の厚みを有する低欠陥密度のAlGaIn層を形成すること。

【解決手段】サファイア基板11上に、低温ベッファァー層12を介して第一のAlGaIn層13を形成する。さらにこの上に、第一のAlGaIn層13よりも低いAlGaIn組成の第二のAlGaIn層14を形成する。AlGaIn層14は、マスク21の開口部からアパセツト構造を形成させるながら成長させる。膜厚は54nm以上とする。



—r—

-2-

は、クラッド層と同様にAlGaInにより構成されているため、両者の格子定数差は小さく、クラッド層の歪みは大幅に低減される。また、第二の単結晶層の欠陥密度が低いため、その上層に位置するクラッド層等に伝播する欠陥が低減され、この点からもLD構造の品質向上効果を得られる。

【0042】また、本発明によれば、基板上にAl_{1-x}Ga_{1-x}N (0<x<1) からなる第一の単結晶層を形成する工程と、この上に直接、または表面保護層を介して、複数の開口部を有するマスクを形成する工程と、前記複数の開口部を成長領域として、ファセット構造を形成しながらAl_{1-y}Ga_{1-y}N (0<y<x) 結晶を気相成長させ、層厚5μm以上の第二の単結晶層を形成する工程と、を有することを特徴とする窒化物半導体結晶の作製方法、が提供される。

【0043】この結晶成長方法における「ファセット構造」とは、基盤に対して一定の角度をもった平坦な結晶成長面を備えた構造をいう（「応用物理」(第68巻、第7号、1999年、第774頁～第779頁)）。このようなファセット構造を形成しながらAl_{1-y}Ga_{1-y}N結晶を気相成長させるため、隣接する開口部から成長したAl_{1-y}Ga_{1-y}N結晶が合体して、転移の伝搬方向が基板と平行な方向に変化し、表面転移密度の低い第二の単結晶層が得られる。

【0044】また本発明によれば、基盤上にAl_{1-x}Ga_{1-x}N (0<x<1) からなる第一の単結晶層を形成する工程と、この上に直接、または表面保護層を介して、Al_{1-y}Ga_{1-y}N (0<y<x) からなる種結晶層を形成する工程と、該種結晶層の上に複数のストライプ状開口部を有するマスクを形成した後、エッチングを行い、ストライプ状Al_{1-y}Ga_{1-y}N層を形成する工程と、該ストライプ状Al_{1-y}Ga_{1-y}N層を起点としてAl_{1-y}Ga_{1-y}N (0<y<x) 結晶を気相成長させ、層厚5μm以上のAl_{1-y}Ga_{1-y}Nからなる第二の単結晶層を形成する工程と、を有することを特徴とする窒化物半導体結晶の作製方法、が提供される。

【0045】これらの窒化物半導体結晶の作製方法によれば、表面欠陥密度の低いAlGaIn層を厚膜で形成することができ、具体的には、葉子形成面全体の平均結晶欠陥密度が $1 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ 以下のAlGaIn層を形成できる。また、本発明では、第二の単結晶層の葉子形成面欠陥密度を低くするために層厚を5μm以上とし、さらに、この方法によれば、30μm以上、さらに100μm以上の厚膜としても低欠陥密度を維持することができる。

【0046】さらに本発明によれば、層厚40μm以上のAlGaIn層を含み、葉子形成面全体の平均結晶欠陥密度が $1 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ 以下であることを特徴とする窒化物半導体基盤、が提供される。

【0047】この窒化物半導体基盤は、葉子形成面全体

の平均結晶欠陥密度が低く、また、層厚40μm以上のAlGaIn層を含み、その上に成長させる窒化物半導体層の結晶欠陥を大幅に低減できる上、これらの窒化物半導体層に内在する歪みエネルギーを効果的に低減できる。このため、従来にはない高性能の窒化物半導体素子を作製することができる。

【0048】特に本発明の窒化物半導体基盤を半導体レーザ等に適用した場合、高Al組成・大膜厚のAlGaInクラッド層をクラックを発生させることなく作製することができ、半導体レーザの閾値をさらに低減して寿命寿命化を図り、高出力化、レーザビームスポット形状の整形、温度特性の向上を実現することができる。また、電子素子へ適用した場合には、高周波特性の改善、基盤への電子漏れの抑制が図られ、デバイス性能を大幅に向上させることができる。

【0049】本発明の窒化物半導体基盤は、葉子形成面全体の平均結晶欠陥密度が $1 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ 以下である。平均結晶欠陥密度とは、葉子形成面全体について測定の結晶欠陥密度の平均値である。結晶欠陥とは、種々のモードの転位の転位を含むものである。ELのOを用いた手法では、マスクの設けられた領域の内の一の領域において、結晶欠陥が非常に少なくなる。一部の領域にマスク開口部近傍においては結晶欠陥が多くなり、本発明において規定する「葉子形成面全体の平均結晶欠陥密度」は、比較的大きい値となる。

【0050】上記のような葉子形成面全体の平均結晶欠陥密度が $1 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ 以下のAlGaIn基盤の具体的実装手段として、たとえば、Al_{1-x}Ga_{1-x}N (0<x<1) からなる第一の単結晶層と、この上に直接または表面保護層を介して形成された層厚5μm以上のAl_{1-y}Ga_{1-y}N (0<y<x) からなる第二の単結晶層と、からなる歪み緩和領域を形成することが挙げられる。この場合、第二の単結晶層の厚みを30μm以上とする。この場合、第二の単結晶層の厚みをd (μm) とし、第一の単結晶層の厚みをd₁ (μm)、第二の単結晶層の厚みをd₂ (μm) としたときに、下記式 (1)

$$(x-y) \times d_1 \times d_2 > 0.1 \quad (1)$$

を満たす構成とすることが好ましい。このようにすれば歪み緩和効果がより顕著となり、表面欠陥密度を一層低減に低減することができる。

【0051】

【発明の実施の形態】本発明において、第一および第二の単結晶層をAlGaIn層とした場合、第一の単結晶層の緩衝層としての機能をより顕著とするためには、以下のような構成とすることが好ましい。

【0052】たとえば、第一の単結晶層を、低温パッパ層の上に形成した構成とすることが有効である。低温パッパ層とは、400〜700℃で成長させた窒化物半導体層であり、たとえばGaIn層、AlIn層等が挙げ

られる。このように構成とすることにより、AlGaInからなる第一の単結晶層中に多くの結晶欠陥が含まれることとなり、この結果、第一の単結晶層の緩衝層としての機能がより向上する。

【0053】また、第一の単結晶層のAl組成を、好ましくは0.04以上、より好ましくは0.07以上とすれば、AlGaInからなる第一の単結晶層中に多くの結晶欠陥が含まれることとなり、第一の単結晶層の緩衝層としての機能がより向上する。このような高Al組成の層は、成長時に多くの欠陥を含みやすく、特に、下地層が低温パッパ層である場合、欠陥の発生が顕著となる。

【0054】また、第一の単結晶を一定以上の厚みとすることにより有効である。たとえば、好ましくは0.3μm以上、より好ましくは0.7μm以上とする。AlGaInからなる第一の単結晶層を、このような厚膜で形成した場合、成長時に多くの欠陥を含みやすく、特に、下地層が低温パッパ層である場合、欠陥の発生が顕著となる。

【0055】以上のような構成を採用すれば、緩衝層としての機能がより顕著となり、葉子領域を構成する窒化物半導体層が異種基盤等から受ける束縛力が弱まり、窒化物半導体層中の内圧歪みを一層低減できる。

【0056】本発明における第二の単結晶層は、FIELOあるいはペンディオエピタキシンにより形成することが好ましい。

【0057】FIELOは、前述したように、複数の開口部を有するマスクを形成し、開口部を成長領域としてファセット構造を形成しながらAl_{1-y}Ga_{1-y}N結晶を気相成長させる方法である。隣接する開口部から成長したAl_{1-y}Ga_{1-y}N結晶が合体して、転移の伝搬方向が基板と平行な方向に変化し、表面転移密度の低い第二の単結晶層が得られる。また、FIELOを用いて50μm以上の膜厚を有する第二の単結晶層を成長させると、EL0成長で観察される転位のマスク開口部とマスク上との極端な分布はなく、表面全体に亘って転位が均一に分布し、しかも転位密度の低い結晶を得ることができる。この転位密度の分布のことも簡単な測定方法では、表面に転位が突き出した部分を化学溶液によって選択的にエッチングし、形成された窪み（これをエッチピットと呼ぶ）の密度を光学顕微鏡、あるいは、走査型電子顕微鏡を用いて計数することである。これによって、転位密度、および分布が容易に測定できる。

【0058】また、結晶性の評価として、このエッチピットの観察の他に、二結晶法によるX線 rocking curve の半値幅を用いても調べることができる。この半値幅は通常の手法で、サファイア基板上にGaInをパッパ層として成長させたAlGaIn結晶では、5〜6分程度と広いものである。この半値幅は、結晶性の改善、特に転位の削減によって小さくなるので結晶性の評価にしばしば用い

られる。

【0059】ペンディオエピタキシンに関しては、文献「Tsvetankas, Zheleva, et al., MRS Internet J. Nitride Semicond. Res. 4S1, G3, 38 (1999)」に詳述されている。本発明に係る層構造の形成にこの方法を適用する場合、たとえば以下のような工程となる。まず、基板上にAl_{1-x}Ga_{1-x}N (0<x<1) からなる第一の単結晶層を形成する。次に、この上にAl_{1-y}Ga_{1-y}N (0<y<x) からなる種結晶層を形成する。この種結晶層の上に複数のストライプ状開口部を有するマスクを形成した後、エッチングを行い、ストライプ状Al_{1-y}Ga_{1-y}N層を形成する。そして、これを起点としてAl_{1-y}Ga_{1-y}N (0<y<x) 結晶を気相成長させ、層厚5μm以上のAl_{1-y}Ga_{1-y}Nからなる第二の単結晶層を形成する。

【0060】本発明における第二の単結晶層は、層中で新たな結晶欠陥を生じさせない構造とすることが重要となるため、層中に転位不連続面を有しないことが好ましい。すなわち、第二の単結晶層は、実質的に単一組成からなるものか、または連続的に組成が変化しているものであることが好ましい。第二の単結晶層中にAl組成比が0.1以上となる極端な組成不連続面が形成されることは好ましくない。転位の導入が多くなり結晶性が悪化するからである。なお、第二の単結晶層をAlGaInからなるものとし、層中で連続的に組成を変化させた構成とする場合は、第二の単結晶層の下面と上面とのAl組成比は、たとえば0.05以下とすることが好ましい。

【0061】本発明において、第一の単結晶層と第二の単結晶層との界面に、格子定数の不連続面を形成することが好ましい。たとえば、第一の単結晶層と第二の単結晶層の界面に、Al組成の不連続面を形成することが好ましい。このようにすれば、第二のAlGaIn層の結晶欠陥がより安定的に低減される。Al組成比は、第一および第二の単結晶層の厚厚にもよるが、たとえば0.02以上とすることが好ましく、0.04以上とすることが好ましい。

【0062】本発明において、第一の単結晶層をAlGaInにより構成する場合、その表面に薄い膜厚の表面保護層を設けても良い。このようにすればマスクを形成する等して第二の単結晶層の成長させる際、第一の単結晶層の表面酸化を防止できる。表面保護層としてはGaIn層が用いられ、膜厚はたとえば0.3μm以下、好ましくは0.2μm以下とする。また、このような表面酸化を防止するためには、第一の単結晶層の表面Al組成を、第一の単結晶層全体の平均Al組成よりも低くすることも有効である。なお、本発明を半導体レーザに適用する場合において、上記GaIn層をコンタクト層とすれば、コンタクト抵抗の低減を図ることができるという利点も得られる。

【0063】本発明において、量子領域を構成する窒化物半導体層の面内平均格子定数は、第一の単結晶層の面内平均格子定数と略等しいが、これよりも大きくするこ
とが好ましい。このようにすれば窒化物半導体層中の歪
みがゼロに近くなるが、または圧縮モード歪みとなる歪
め、クラックが発生しにくくなる。これにより、量子寿
命を大幅に向上できる等、量子性能の向上が図られる。
【0064】次に本発明の好ましい実施形態について、
図1を参照して説明する。

【0065】図1は、本発明に係る窒化物半導体基板の
断面図である。結晶成長用基板としてサファイアc面
(1001)面を用い、この上にAlGaIn層を成長さ
せた構成となっている。この基板の作製方法について説
明する。まず、サファイア基板11上に、500℃で、約3
0nm厚のGaInからなる低温バッファ層12を形成す
る。その後、1070℃に昇温して、Al7%を含むAl_{0.07}Ga
_{0.93}GaInからなるAlGaIn層14を100μm成長する。
これにより、クラックのない高品質のAlGaIn層14を得
ることができ。

【0066】Al_{0.07}Ga_{0.93}InからなるAlGaIn層13（第一
の単結晶層）では、サファイアとの格子不整合が緩和さ
れて、ほぼ歪みのないAlGaIn層が成長している。Al組
成は比較的高く、また欠陥密度も高い。このため、この
層を1μm以上の膜厚に成長させるとクラックが生じる
ことが確認されている。

【0067】そこで、本実施形態では、この上にAl濃度
の低いAlGaIn層14（第二の単結晶層）を成長させてい
る。これによりクラックを発生させることなく100μm
以上の厚膜成長が可能としている。第一のAlGaIn層と第
二のAlGaIn層には圧縮歪みがかかり、クラックを発生さ
せないで厚膜成長を成長させることが可能となる。

【0068】このAlGaIn層14上に量子領域を構成する
窒化物半導体層を形成することにより、本発明の窒化物
半導体素子を作製することができる。この窒化物半導体
素子においては、量子領域を構成する窒化物半導体層結
晶は、サファイア基板11ではなく、主としてAlGaIn層
14による束縛力を受け、AlGaIn層14との格子定数お
よび熱膨張係数の差に応じた歪みが蓄積されることとな
る。これは、AlGaIn層13（第一の単結晶層）が多くの
結晶欠陥を含む構造となっていること、および、AlGaIn
層13とAlGaIn層14の界面にミスフィット転位が発生す
ることにより、基板の束縛力がAlGaIn層13中で緩和さ
れるためである。

【0069】ここで、AlGaIn層13が多くの結晶欠陥を
含むのは、GaInからなる低温バッファ層12との格子
定数の相違に起因するものであり、AlGaIn層13とAlGaIn
層14の界面にミスフィット転位が発生するのは、両層
の格子定数の相違および両層の厚みが一定以上となっ
ていることに起因するものである。

AlGaIn層のAl組成より小さければ、同様な効果が得ら
れる。さらに、n型、またはp型の不純物を添加しても
同様な効果が得られる。

【0076】<実施例2>本実施例では、図2に示す構
造の窒化物半導体基板を作製した。実施例1と同様に基
板結晶として、サファイア基板を用いて、III族原料に
有機金属を用いる有機金属化学気相成長法（MOVPE）お
よび、塩化ガリウム（GaCl）を用いるハイドライドVPE
法（HVPE）によってAlGaIn層を形成した。本実施例で
は、ラテラルオーバー成長によって第二のAlGaIn層を形
成した。

【0077】サファイア基板（0001）面11を常圧MOVPE
装置にセットし、H₂ガスとH₂ガスを供給しながら1080℃
の温度に昇温し表面の熱処理を行う。その後、500℃の
温度に降温して、トリメチルガリウム（TMG）とアンモ
ニア（NH₃）ガスをそれぞれ10μmol/min、5000cc/minで
供給し、膜厚40nmのGaInからなる低温バッファ層12
を形成する。

【0078】次に、NH₃ガスとH₂ガスを供給しながら上
記結晶を1050℃の温度に昇温する。温度が安定してか
ら、トリメチルアルミニウム（TMA）、TMGをそれぞれ9
μmol/min、80μmol/minで供給し、Al_{0.1}Ga_{0.9}Inからな
る膜厚1μmの第一のAlGaIn層13を形成する。次に、TM
Gおよび、TMGの供給を停止して、NH₃ガス、H₂ガスお
よびNH₃ガスを供給しながら降温する。

【0079】この成長結晶を装置から取り出し、第一の
AlGaIn層13上に、0.5μmの厚さのSiO₂膜を形成し、フォ
トリングラフイー法とウェットエッチングによりストラ
イプ状のマスク21を形成する。マスク幅、および開口
幅は、それぞれ2μm、及び1μmである。

【0080】上記結晶を塩化水素（HCl）/ガリウム（G
a）（Ga）、塩化アルミニウム（AlCl₃）、アンモニア（NH₃）、
水素（H₂）を原料とするHVPE装置にセットする。H₂キヤ
リアガス中で昇温し、600℃付近でNH₃ガスを供給し、上
記結晶を1070℃の温度に昇温する。H₂ガスとNH₃ガス流
量は、それぞれ4000cc/min、1000cc/minである。温度が
安定した後、GaClを発生させるためにGa上にHClを20cc/
minを供給し、さらにAlの原料として、AlCl₃を揮発さ
せ、1cc/minで供給し、第二のAlGaIn層22の成長を行
う。5時間の成長後、膜厚40nmのGaInからなる低温バッファ層12の成長を停止し、開口部から0.04であった。成長
後、240℃のりん酸・硫酸混合液で欠陥に対応するエッ
チングを行い、基板の束縛力がAlGaIn層13中で緩和さ
れるためである。

【0075】本実施例では、Al組成として、第一のAlGa
In層のAl組成として0.1、第二のAlGaIn層のAl組成として
0.04の例を示したが、第二のAlGaIn層のAl組成が、第一
のAlGaIn層のAl組成より小さければ、同様な効果が得ら
れる。さらに、n型、またはp型の不純物を添加しても
同様な効果が得られる。

り、従来のELO成長に見られたマスクパターンに起因す
る分布は観察されなかった。また、本手法で成長した第
二のAlGaIn層表面には全くクラックが観察されなかつ
た。

【0081】本実施例では、Al組成として、第一のAlGa
In層のAl組成として0.1、第二のAlGaIn層のAl組成として
0.04の例を示したが、第二のAlGaIn層のAl組成が、第一
のAlGaIn層のAl組成より小さければ、同様な効果が得ら
れる。さらに、n型、またはp型の不純物を添加しても
同様な効果が得られる。

【0082】<実施例3>本実施例では、図3に示す構
造の窒化物半導体基板を作製した。実施例2と同様に、
基板結晶としてサファイア基板を用いて、III族原料に
有機金属を用いる有機金属化学気相成長法（MOVPE）お
よび、塩化ガリウム（GaCl）を用いるハイドライドVPE
法（HVPE）によってAlGaIn層を形成した。本実施例で
は、第一のAlGaIn層上に薄いGaIn層を形成し、その上にラ
テラルオーバー成長によって第二のAlGaIn層を形成す
る。

【0083】サファイア基板11（0001）面）を常圧MOVPE
装置にセットし、H₂ガスとH₂ガスを供給しながら108
0℃の温度に昇温し表面の熱処理を行う。その後、500℃
の温度に降温して、トリメチルガリウム（TMG）とアン
モニア（NH₃）ガスをそれぞれ10μmol/min、5000cc/min
で供給し、膜厚40nmのGaInからなる低温バッファ層1
2を形成する。

【0084】次に、NH₃ガスとH₂ガスを供給しながら上
記結晶を1050℃の温度に昇温する。温度が安定してか
ら、トリメチルアルミニウム（TMA）、TMGをそれぞれ9
μmol/min、80μmol/minで供給し、Al_{0.1}Ga_{0.9}Inからな
る膜厚1μmの第一のAlGaIn層13を形成する。この成長が
終了後、TMAの供給を停止して、GaIn層31のみを50nmの
厚さに成長させた。その後TMGの供給を停止して、NH₃ガ
ス、H₂ガスおよびNH₃ガスを供給しながら降温する。

【0085】この成長結晶を装置から取り出し、第一の
AlGaIn層13上に、0.5μmの厚さのSiO₂膜を形成し、フォ
トリングラフイー法とウェットエッチングによりストラ
イプ状のマスク21を形成する。マスク幅、および開口
幅は、それぞれ2μm、及び1μmである。

【0086】上記結晶を塩化水素（HCl）/ガリウム（G
a）（Ga）、塩化アルミニウム（AlCl₃）、アンモニア（NH₃）、
水素（H₂）を原料とするHVPE装置にセットする。H₂キヤ
リアガス中で昇温し、600℃付近でNH₃ガスを供給し、上
記結晶を1070℃の温度に昇温する。H₂ガスとNH₃ガス流
量は、それぞれ4000cc/min、1000cc/minである。温度が
安定した後、GaClを発生させるためにGa上にHClを20cc/
minを供給し、さらにAlの原料として、AlCl₃を揮発さ
せ、1cc/minで供給し、第二のAlGaIn層32の成長を行
う。この成長では、開口部から成長が始まり、開口部
に、AlGaIn層のファセットが形成される。成長時間とともに、

マスク21上にラテラル成長が進み、隣接する開口部から成長したAlGaIn層82が合体する。その後平坦な表面を有するAlGaIn層82が形成される。5時間の成長で250 μ mの厚さのAlGaIn層82が成長した。Al組成は、X線分析測定、および表面のフォトルミネッセンスピーク測定から0.04であることがわかった。

【0087】成長後、240℃のりん酸・硫酸混合液で欠陥に対応するエッチピットを調べたところ、 $1 \times 10^6/\text{cm}^2$ と低い値が得られた。このエッチピットの分布は、表面全体に亘って均一であり、従来のELO成長に見られたマスクパターンに起因する分布は観察されなかった。また、結晶性を評価するために二結晶法によるX線ロックンダカーブの半値幅を調べたところ、1.2分と非常に狭く、非常に結晶性に優れていることがわかった。また、本手法で成長した第二のAlGaIn層表面には全くクラックが観察されなかった。

【0088】本実施例では、Al組成として、第一のAlGaIn層のAl組成として0.1、第一のAlGaIn層のAl組成として0.04の例を示したが、第二のAlGaIn層のAl組成が、第一のAlGaIn層のAl組成より小さければ、同様な効果が得られる。さらに、n型、またはp型の不純物を添加しても同様な効果が得られる。

【0089】本実施例6>本実施例は、サブファイア基板11上にAlGaIn層を形成した後、その上に半導体レーザを構成する各半導体層を形成した例を示すものである。

【0090】図4は、サブファイア基板11（0001）面上に、実施例1と同様の方法により、GaInがなる低温バッファ層12を介して、珪素（Si）がn型不純物として添加された第一のAl_{0.1}Ga_{0.9}In層（厚1 μ m）81と、同様にしてSiがn型不純物として添加された第二のAl_{0.04}Ga_{0.96}In層（厚300nm）82とを形成し、その基板上に、有機金属化学気相成長法（MOVPE）を用いて半導体層を積層して形成された窒化ガリウム系レーザの縦断面図である。

【0091】GaIn系半導体レーザ構造は、図4で示した第二のAlGaIn層まで成長した基板をMOVPE装置にセットし、水素雰囲気中で成長温度1050℃にて昇温する。650℃の温度からNH₃ガス雰囲気にする。Siを添加した0.4 μ mの厚さのn型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層83、Siを添加した0.1 μ mの厚さのn型GaIn光ガイド層84、2.5nmの厚さのアンダーブレイク層85、n型量子井戸層と5nmの厚さのアンダーブレイク層86、n型障壁層からなる3周期の多量子井戸構造活性層87、マグネシウム（Mg）を添加した20nmの厚さのp型Al_{0.2}Ga_{0.8}N層88、Mgを添加した0.1 μ mの厚さのp型GaIn光ガイド層87、Mgを添加した0.4 μ mの厚さのp型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層88、Mgを添加した0.5 μ mの厚さのp型GaInコンタクト層89を順次形成し、レーザ構造を作製した。p型GaInコンタクト層89を形成した後は、H₂N₂ガス雰囲気中で常温まで冷却

し、成長装置より取り出す。2.5nmの厚さのアンダーブレイク層2Ga_{0.8}N量子井戸層と5nmの厚さのアンダーブレイク層2Ga_{0.8}N障壁層からなる多量子井戸構造活性層85は、780℃の温度で形成した。

【0092】次に、レーザ構造を形成した結晶を研削器にセットし、サブファイア基板11から第一のAlGaIn層81、第二のAlGaIn層82の一部を含んで50 μ m程度研削する。露出したAlGaIn層82面には、チタン（Ti）/アルミニウム（Al）のn型電極92を形成し、p型のGaIn層89上には電流拡散のためにSiO₂膜90を形成し、ニッケル（Ni）/金（Au）のp型電極91を作製した（図5）。

【0093】上記構成の半導体レーザを構成する各半導体層は、結晶性が良好であり、欠陥も少なかった。また、歩留まりが良好で、製造安定性に優れており、閾値電流密度3mA/cm²、閾値電圧5Vで室温連続発振が得られた。

【0094】本実施例では、AlGaIn層82上にレーザ構造を形成してから、サブファイア基板11から第一のAlGaIn層81、第二のAlGaIn層82の一部を研削したが、レーザ構造を作製する前に、サブファイア基板11から第一のAlGaIn層81、第二のAlGaIn層82の一部を研削しても同様な効果が得られる。

【0095】

【発明の効果】以上説明したように本発明の窒化半導体素子は、面内平均格子定数aの第一の単結晶層と、この上に形成された窒化物半導体からなる面内平均格子定数b（b>a）の層厚5 μ m以上の第二の単結晶層と、からなる歪み緩和領域を備え、この上に素子領域を設けた構成としている。このため、素子領域を構成する窒化物半導体層の歪みを顕著に低減できる。また、第二の単結晶層の表面転移密度が低いため、欠陥の少ない素子領域を形成することができ、発光素子においては素子寿命を大幅に改善できる等の利点が見られ、さらに、半導体レーザに適用する場合、クラッド層のAl組成を高く、膜厚を厚くすることができ、光閉じ込め率を改善することができ、また、電子素子においては、高周波特性の改善や基板への電子漏れの抑制が図られる。

【0096】また、本発明の窒化物半導体結晶の作製方法によれば、第一および第二の単結晶層を含む緩衝領域を好適に形成することができる。

【0097】さらに本発明の窒化物半導体基板は、表面欠陥密度が低く、かつ、AlGaIn層を一定以上含む構成となっているため、この基板上に素子領域を形成した場合、歪みや欠陥が顕著に低減され、従来の高い性能の素子を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る窒化物半導体基板の断面図であ

【図2】本発明に係る窒化物半導体基板の断面図である。

【図3】本発明に係る窒化物半導体基板の断面図である。

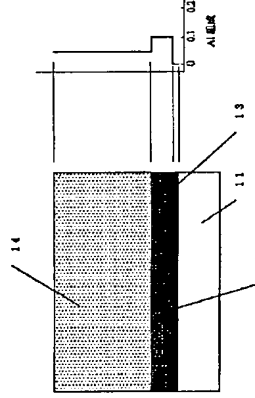
【図4】本発明に係る窒化物半導体レーザの断面図である。

【図5】本発明に係る窒化物半導体レーザの断面図である。

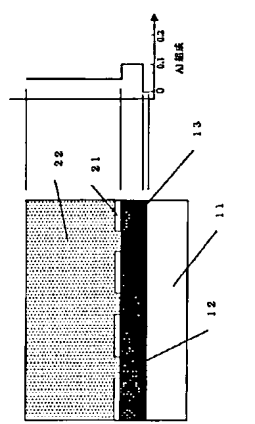
【符号の説明】

- 11 サファイア基板
- 12 低温バッファ層
- 13 AlGaIn層
- 14 AlGaIn層
- 21 マスク
- 22 AlGaIn層
- 23 Al_{0.05}Ga_{0.95}Nクラッド層
- 31 GaIn層
- 32 AlGaIn層
- 81 Al_{0.1}Ga_{0.9}In層
- 82 Al_{0.04}Ga_{0.96}In層
- 83 n型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層
- 84 n型GaIn光ガイド層
- 85 多量子井戸構造活性層
- 86 p型Al_{0.2}Ga_{0.8}N層
- 87 p型GaIn光ガイド層
- 88 p型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層
- 89 p型GaInコンタクト層
- 90 SiO₂膜
- 91 p型電極
- 92 n型電極

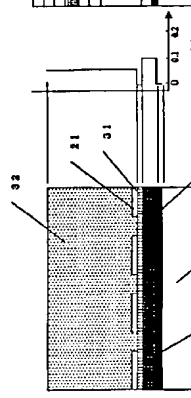
【図1】



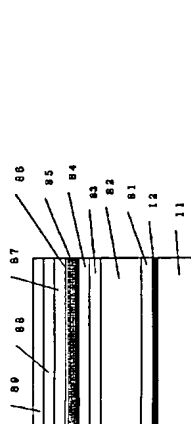
【図2】



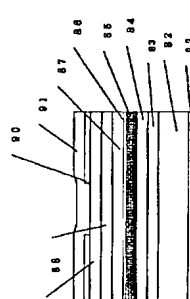
【図3】



【図4】



【図5】



特開2001-308464

(13)

フロントページの続き

(72)発明者 松本 良成

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
式会社内

Fターム(参考)

4G077 AA03 BE11 DB08 EF03

5F045 AA04 AB14 AB17 AC03 AC08

AC12 AC13 AF09 BB12 CA09

DA53 DA57 DB02

5F073 AA45 AA55 AA74 CA07 CB07

CB10 CB22 DA04 DA05 EA28

EA29